La experimentación humana con plutonio en España. Génesis y desarrollo del “Proyecto Indalo” (1966-2009)

José Herrera Plaza (*)

(*) orcid.org/0000-0003-3027-0979. j.herreraplaza@gmail.com

Dynamis
[0211-9536] 2022; 42 (1): 225-256
http://dx.doi.org/10.30827/dynamis.v42i1.26896

Fecha de recepción: 7 de octubre de 2021
Fecha de aceptación: 23 de febrero de 2021

RESUMEN: En 1966 cayeron sobre los cielos de Palomares (Almería) cuatro bombas de hidrógeno; cada una sesenta y ocho veces más potentes que la de Hiroshima. Un bombardero estratégico B-52 colisionó con su avión nodriza. Tres cayeron en tierra y una en el mar. Dos de las que impactaron en tierra diseminaron su carga de plutonio (Pu239) por varios cientos de hectáreas. En el núcleo urbano y alrededores de Palomares fue abandonada la mayor parte del combustible nuclear. Al mismo tiempo, aprovecharon para dejar un laboratorio donde estudiar, a instancia de los Estados Unidos, la interacción del plutonio con las personas y el medioambiente a través del acuerdo secreto, denominado en clave “Proyecto Indalo”. El plutonio llevaba 26 años descubierto y se ignoraban sus consecuencias a largo plazo en el hombre. El objetivo del presente trabajo es el de dar a conocer cuáles fueron las condiciones, motivaciones, objetivos, génesis y desarrollo del Proyecto Indalo, independientemente de sus resultados. Se trata del proyecto de experimentación con humanos más dilatado y desconocido de la ciencia española, también uno de los más singulares, por el secreto que lo ha envuelto, debido a la ausencia de cualquier garantía bioética. Un proyecto creado a partir de una historia oficial ficticia, sustentada en una supuesta descontaminación completa, forjada en dictadura, pero mantenida durante 37 años en democracia. Para ello, contamos con la exposición y análisis de la reciente historiografía aparecida en español, la evidencia contenida en la documentación inédita del Departamento de Energía (DoE) de los EE.UU. y fuentes orales de los afectados.

PALABRAS CLAVE: Proyecto Indalo, experimentación con humanos, contaminación por plutonio, accidente de Palomares, accidente nuclear.

KEYWORDS: Indalo Project, human experimentation, plutonium contamination, Palomares accident, nuclear accident.

1. Introducción

A partir del descubrimiento de la radiación y el desarrollo de la energía nuclear se fueron conociendo los riesgos a las personas y medioambiente. A partir de las bombas de Hiroshima y Nagasaki, con diferentes radionucleidos de fisión liberados, surge la necesidad de reforzar el conocimiento en aras de la radioprotección[1]. Junto a estos avances se intensifica la ocultación. La construcción primigenia de la ignorancia en lo nuclear nació del secreto militar. "The whole point of secrecy in this realm is to hide, to feint, to distract, to deny access, and to monopolize information"[2], pero el establecimiento de niveles seguros siempre colisionó contra los fuertes intereses de las industrias civil y militar. Ello generó unas representaciones formales tendentes a invisibilizar, minimizar o limitar los peligros[3]. Estas actitudes se hicieron patentes desde los bombardeos nucleares de Japón. El general Leslie Groves, responsable militar del Proyecto Manhattan, marcó la pauta inicial al negar las numerosas patologías en miles de japoneses por la precipitación radiactiva[4]. Desde 1945, se han establecido precedentes por parte de los gobiernos para todos los *hibakushas*, término japonés para los expuestos a la radiación, que amplió su significado por ser concomitante con todo damnificado por la radiactividad, ya sea física, psicológica o económicamente, a través del "Hibakusha Global Project": "Radiation makes people invisible (...) People who have been exposed to radiation, or even those who suspect that they have been exposed to radiation, including those who never experience radiation-related illnesses, may find that their lives are forever changed — that they assumed a kind of second class citizenship"[5]. Desde entonces, no ha habido accidente nuclear civil o militar donde, en mayor o menor grado, esto no se haya evidenciado.

---

1. J.S. Walker, *Permissible dose: a history of radiation protection in the twentieth century* (Berkeley: University of California Press, 2000): 10.
2. Proctor, R. N., "Agnotology: A Missing Term to Describe the Cultural Production of Ignorance (and Its Study)" in *Agnotology. The making and unmaking of ignorance*, eds. R.N. Proctor and L.L Schiebinger (Stanford University Press, 2008): 26.
3. Olga Kushinskaya, "Twice invisible: Formal representations of radiation danger", *Social Studies of Science* 43, n.º 1 (2012): 79, https://doi.org/10.1177%2F0306312712465356
4. Eileen Wellsome, *Cobayas atómicos*. (Barcelona: Luciérnaga, 2019): 169-172.
5. Robert Jacobs, "The radiation that makes people invisible: A Global Hibakusha Perspective". *The Asian-Pacific Journal* 12, n.º 1 (2014): 1. https://apjjf.org/2014/12/31/Robert-Jacobs/4157/article.html]

Palomares no fue una excepción. Aconteció en pleno desarrollo energético nacional, cuando las dos primeras centrales nucleares con tecnología norteamericana estaban aprobadas[6]. Los vecinos fueron especialmente desinformados para mitigar la alarma, lo que pudo vulnerar derechos fundamentales[7]. También la opinión pública fue víctima de la ocultación y evitar el temor a lo nuclear, potenciándose otros focos de atención para invisibilizar los riesgos de la contaminación radiactiva[8].

2. El escenario

En 1966 España se hallaba inmerso en el I Plan de Desarrollo. El PIB de 1965 creció por encima del 6%, pero la provincia de Almería seguía estancada, con una de las rentas *per cápita* más bajas. En el periodo 1961-70 emigraron alrededor de un 12% de sus habitantes[9].

Desde 1962, el Mando Aéreo Estratégico de los EE.UU. en su operación de alerta permanente hacia la URSS, hacía transitar cada día por los cielos de España de seis a ocho aeronaves con 24-32 bombas nucleares. Los "Pactos de Madrid" (1953) habían permitido de manera tácita el trasiego y almacenamiento nuclear en las bases de Torrejón y Rota[10].

El impacto en tierra de dos de las bombas, hizo que deflagrara parte del explosivo de alta velocidad RDX. Ello dispersó cantidades significativas de U^{235} y la mayoría del Pu^{239} que, al contacto con el aire, se transformó en

6. Joseba de la Torre, "Who was who in the making spanish nuclear programme c.1950-1985", in *The Economic History of Nuclear Energy in Spain*, eds. M.ª del Mar Rubio-Varas and Joseba de la Torre (London: Palgrave Macmillan, Cham, 2017), 50-53.
7. Dolores Mateo Alcaraz, "Secreto de estado, medio ambiente y salud. El caso "Palomares. *Ius et Scientia* 3, n.º 1 (2017): 173-178. http://dx.doi.org/10.12795/IETSCIENTIA.2017.i01.16
8. Clara Florensa, "James Bond, Pepsi-Cola y el accidente nuclear de Palomares(1966)", in: *De la Guerra Fría al calentamiento global. Estados Unidos, España y el nuevo orden científico mundial*, eds. Camprubí, Lino; Roqué, Xavier and Sáez de Adana, Francisco (Madrid: Catarata, 2018): 30-35.
9. J.Á. Aznar Sánchez and A. Sánchez Picón, "Inmigración en tierra de emigración: el caso de Almería". *Economistas*, n.º 86 (2000): 97-100.
10. No existía estipulación alguna que impidiera el almacenamiento o tránsito de armamento nuclear en el art. VII del acuerdo técnico secreto. Viñas, Ángel. *Los pactos secretos de Franco con Estados Unidos*. (Barcelona: Grijalbo, 1981): 212-223.

dióxido de plutonio. Los fuertes vientos de ese lunes y resto de la semana esparcieron la contaminación por un total de 435 hectáreas en la "Zona 0"[11].

En los primeros días la USAF, a pesar de los fuertes vendavales que resuspendían el Pu^{239}, se dedicó íntegramente a la búsqueda terrestre de la bomba cuatro, hundida en el mar[12]. Las acciones de remedio no se iniciaron hasta después de una semana en que, sin equipo de protección alguno, cientos de soldados y de guardias civiles, en la proporción dos por uno, habían buscado por las zonas contaminadas[13].

Al evaluar la extensión de lo contaminado, dio comienzo una enconada pugna para descontaminar una "Zona 0" que no paraba de crecer. Al final se llegó al acuerdo de enterrar, mediante arado, una parte considerable y transportar a un cementerio nuclear de los EE.UU. 1 000 m^3 de tierras y cultivos. Esta operación se realizó con todo tipo de publicidad mediática, mientras a dos kilómetros de allí, tras unas colinas, se estaban enterrando en dos fosas, de manera subrepticia y sin ningún tipo de garantía, cuatro veces más[14], generándose el primer cementerio nuclear ilegal de España.

La premura por las expectativas turísticas, las campañas alarmistas de la prensa inglesa e italiana, más los inicios de la industria nuclear nacional, generaron la necesidad de crear una historia oficial[15]. El entonces director de la Agencia EFE, Carlos Mendo, describe la situación: "Toda la prensa estaba dirigida a no soliviantar a nadie, a decir que todo esto es un oasis, que aquí no pasa nada, que todo es perfecto"[16]. Finalizadas las acciones de remedio, el general Wilson, comandante de la XVIª Fuerza Aérea de EE.UU. afirmó: "Hemos conseguido nuestro propósito de dejar la zona de Palomares en las mismas condiciones que estaba antes del accidente"[17]. Pero la realidad era otra.

11. José Herrera Plaza, *Accidente nuclear de Palomares. Consecuencias (1966-2016)* (Mojácar: Arráez Editores, 2015): 125.
12. Los primeros siete días fueron muy ventosos. Los peores fueron el 18 y 22, con rachas máximas de 83 y 94 km/h. Estación de Almería capital, AEMET.
13. Capitán Joaquín James Grijalbo, "Informe como acompañante del general Delmar Wilson los días 17-19/01/1966", expte. N1102-4, Archivo Histórico del Ejército del Aire (AHEA), Villaviciosa de Odón, España. J.M. Fernández Agüera, entrevista realizada por el autor, Jun 07, 2003. Dewit Moody, entrevista realizada por el autor, Oct 13,03.
14. Carlos Sancho, Rosario Lanzas and Enrique Correa, *Palomares: desde el accidente al Plan de Restauración* (Madrid: CSN, 2013): 32-33.
15. Ángel Viñas. Prólogo in: Herrera, *Accidente nuclear de Palomares*, 12.
16. Carlos Mendo, entrevista realizada por el autor, Mar 22, 2006.
17. Rafael Moreno Izquierdo, *La historia secreta de las bombas de Palomares* (Barcelona: Crítica, 2015): 9.

Transcurridos dos años, visitó Palomares el presidente de la JEN, Otero Navascués, científico reconocido internacionalmente y persona decisiva en el desarrollo nuclear español. En una carta posterior informaba al ministro de Industria, Gregorio López Bravo: "No se ha registrado ninguna anormalidad hasta la fecha, pese a que como Vd. sabe, se quedaron en el terreno unos cuantos kilos de óxido de plutonio"[18].

2. 1. El diseñador y promotor

Wrigth Haskell Langham se había graduado en Agricultura y Mecánica. Después estudió Química y obtuvo el doctorado en Bioquímica (1943). En 1944 ingresó en el Laboratorio Nacional de Los Álamos (LANL) donde dirigió la división de Investigación Biomédica. Cuando se produjo el accidente, se hallaba en Washington.

Se había forjado el prestigio de ser uno de los mayores especialistas en la toxicidad del plutonio, por lo que intervino en la determinación de sus límites legales[19]. En círculos científicos se le apodaba *Mr. Plutonium*. Según su compañero, el Dr. Luis Hempelmann, tenía energía para el trabajo, era impaciente y muy ambicioso[20]. Su amplio conocimiento lo había logrado en parte con los estudios de las cargas corporales de las veintisiete personas de LANL, que habían sufrido contaminación accidental con plutonio[21]. Pero donde pudo investigar el comportamiento del plutonio en los humanos con dosis calibradas, fue como creador de los protocolos de inyecciones a dieciocho personas sin su consentimiento informado. Según el Dr. Hymer Friedell: "I would say that the one that was more enthusiastic, was pushing this more, was Wright Langham"[22]. En 1945 Langham solicitaba al Dr. Samuel Bassett más enfermos terminales en los que aumentar las dosis de las inyecciones[23].

---

18. Carta de Otero Navascués a López Bravo, Jul 13,1968. Archivo General de la Administración (AGA) Alcalá de Henares, España. Id. (13)004.015, caja 75/24077.
19. William Moss and Roger Eckhardt. "The Human Plutonium Injection Experiments". *Los Alamos Science* 23 (1995): 206.
20. Wellsome, *Cobayas atómicos*, 117.
21. Wright Langham *et al*. "The Alamos Scientific Laboratory's. Experience with plutonium in man". *Health Physics* 8 (1962): 753-760.
22. Advisory Committee Human Radiation Experiments, "Oral Histories of Radiologist Hymer L. Friedell" (1995), consulta Nov. 9, 2020, https://ehss.energy.gov/ohre/roadmap/histories/0466/0466a.html
23. Wellsome, *Cobayas atómicos*, 210.

Dynamis 2022; 42 (1): 225-256

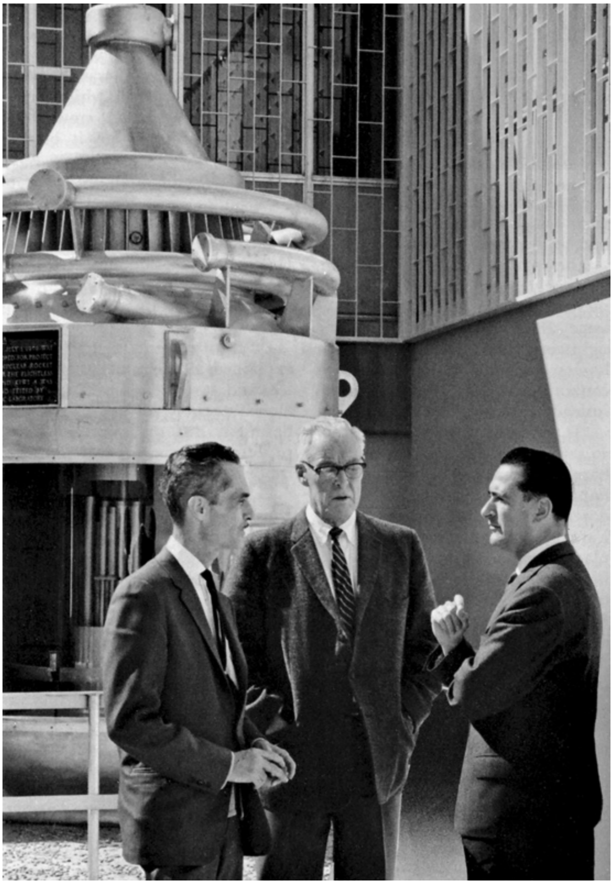


Figura 1. Langham, Thomas Shipman e Iranzo en Los Álamos (04/1966) tras certificar este último la llegada y enterramiento de las tierras contaminadas de Palomares en EE.UU. Fuente: (LANL).

Ante el nivel de ignorancia y avidez de conocimiento sobre el plutonio en las primeras décadas, no es de extrañar la aceptación en la comunidad científica de la llamada "ecuación de Langham", calculada a partir de tan exigua cohorte. En 1964 él se justificaba: "that their primary virtue lies in the fact that they are the only data of their kind available"[24].

24. Wright Langham, "Physiological properties of plutonium and assessment of body burden in man"., International Atomic Energy Agency, Nov 1964. https://doi.org/10.2172/4074400.

Entre otros, estuvo relacionado con la "Operación Sunshine" (1953) para conocer la repercusión de la contaminación por las pruebas nucleares atmosféricas, con el análisis de órganos de 15 000 cadáveres, muchos de ellos sin el permiso de los familiares[25]. Según afirmaba un compañero de LANL: "No major incident involving plutonium contamination went without the benefit of his direct participation or consultation"[26].

Informado desde el primer momento del accidente, fue requerido con urgencia para que se desplazara a España. Sin pasaporte, con solo un par de mudas y su neceser, llegó a España el 23 de enero. El plan de la visita se limitaba a unos pocos días[27]. Lo justo para la evaluación del escenario. Le acompañaba James N. P. Lawrence, médico y doctor en Física de LANL (1951-1990). Se especializó en la toxicología del plutonio y tritio. Colaboró con Langham en el desarrollo de un código informático para calcular la carga corporal de plutonio en los análisis de orina. También iba Dean D. Meyer, especialista de LANL en evaluación y remedio del medioambiente. Desde 1945 a 1973 se encargó de solucionar el problema de los residuos, con más de diez enterramientos[28]. Había colaborado en la controvertida "Operación Plumbbob", con veinticuatro detonaciones y 18 000 soldados para experimentar su resistencia física, psíquica o estudios de ceguera por destello. La alta tasa de leucemia padecida veinte años más tarde, hizo que se movilizaran y crearan la Asociación Nacional de Veteranos Atómicos, ante el rechazo sistemático de la Oficina de Veteranos de hacerse cargo de los gastos médicos[29]. La historia se repetiría con otros casos similares, incluido la de los numerosos veteranos de Palomares aquejados de patologías oncológicas[30].

La ocasión era única, por ello despertó tanto interés en los científicos[31]. Aquí tenían una cohorte de estudio cercana a 1 200 habitantes para estudiar

---

25. Wellsome, *Cobayas atómicos*, 414.
26. Moss, Eckhardt, "The Human Plutonium Injection Experiments": 207.
27. Defense Atomic Support Agency [DASA], "Proceeding of the Second Interdisciplinary Conference on select effects of a general war" (1969) vol. II: 244.
28. T.E. Kelly, "Evaluation of monitoring of radioactive solid-Waste burial sites at Los Álamos, New México", consulta Nov. 11: 13, https://pubs.usgs.gov/of/1975/0406/report.pdf.
29. Wellsome, *Cobayas atómicos*, 562-564.
30. Dave Phillipps, "Decades later, sickness among airmen after a hydrogen bomb accident". *The New York Times,* Jun. 24, 2016.
31. David Stiles, "A Fusion bomb over Andalucía: U.S. information policy and the 1966 Palomares incident". *Journal of Cold War Studies* 8, n.º 1 (2006): 53.

a largo plazo[32], con actividades agrarias, pesqueras y ganaderas. Dos años antes Langham afirmaba:

> *A delay of from 12 to 30 years may be expected between time of exposure and appearance of symptoms of chronic radiation damage. In view of the above circumstances, it is not surprising that a case of plutonium poisoning has never been observed*[33].

Antes ya poseían un conocimiento adquirido en otros proyectos de investigación previos en el estado de Nevada[34], difícilmente extrapolables a Palomares. Estos se habían realizado en parajes deshabitados, sin litoral marino, potencial turístico o actividad agraria, sin núcleos urbanos próximos, ni una comunidad con un próspero futuro por forjar.

3. Génesis

Era la primera vez en la historia que se hallaban frente a una población tan numerosa contaminada exclusivamente con plutonio[35]. Se habían esparcido alrededor de nueve kilogramos[36]. Para informarse y asesorar en las estrategias de remedio, se reunieron con los representantes de la JEN. Cuatro días después regresaron a EE.UU.

Tras sucesivas ampliaciones de la "Zona 0", el 11 de febrero se completó el mapa radiológico definitivo[37] (ver Mapa 1). Ese mismo día volvió a España Langham, pero esta vez acompañado del director de Actividades Internacionales de la CEA, John Hall, para proponer un convenio colaborativo de investigación.

32. La población de hecho de Palomares en 1960 era de 704 y en 1970 de 771 (Nomenclator I.N.E.) in Pedro A. Martínez Pinilla, "Estudio Epidemiológico sobre la mortalidad en Palomares (1946-1985)". Facultad de Medicina de Murcia [documento inédito] (1986): 12. La población de Villaricos se estima alrededor de la mitad de Palomares.
33. Langham, "Physiological properties", 566.
34. Nevada National Security Site. "Plutonium dispersal test at the Nevada Test Site" (2013), consulta Nov. 12, 2020. https://www.nnss.gov/docs/fact_sheets/DOENV_1046.pdf.
35. Los cientos de maoríes de las Islas Marshall, los *hibakushas* de Hiroshima y Nagasaki, fueron irradiados por una mezcla de radionucleidos, cuyos efectos en la salud pueden confundirse.
36. Sancho, Lanzas and Correa, *Palomares*, 5.
37. Mapas radiométricos de Palomares, Jan 31 and Feb 11 1966, expte. N1102-4, AHEA, Villaviciosa de Odón, España.



Figura 2. Método de “descontaminación” mediante ocultación por arado empleado en más de 150 hectáreas. Fuente: (AHEA).

Desde los primeros acuerdos del 2 de febrero, los EE.UU. comenzaron a desdecirse y a presionar para reducir la limpieza. El doctor Eduardo Ramos (ver Figura 3), director de la División de Medicina y Protección de la JEN, formado en EE.UU., realizó una defensa numantina, que Langham criticó por estar basada en criterios psicológicos[38]. El 17 intentaron en vano evitarlo y cometen el error de dirigirse a la Junta de Estado Mayor, que se inhibe a favor de la JEN[39]. Gracias a Ramos y su equipo, el área urbana quedó limpia, con excepción de donde impactó la otra bomba, supuestamente descontaminada por los norteamericanos. En el presente existen altos niveles de radiactividad en 6 000 m^2, que han obligado al vallado y restricción de uso[40]. En ese contexto de estancamiento de las negociaciones es donde se oferta

38. W.M. Place; F.C Cobb, and C.G. Defferding, “Palomares Summary Report”, 1975, Defense Nuclear Agency, Department of Energy (DoE), Washington, EE.UU., 53-55.
39. Herrera, *Accidente Nuclear en Palomares*, 189.
40. José C. Sáez Vergara, “Caracterización radiológica del área afectada por el accidente de Palomares: Evolución histórica y situación actual” (Phd. Diss, Universidad Complutense Madrid, 2015), 122-128.

oportunamente la idea de un proyecto de investigación conjunto y surgen los efectos oportunos esperados.

El presidente de la JEN, Otero, recibió el 25 de febrero una carta de John Hall, proponiendo un estudio a largo plazo sobre el *óxido de plutonio*[41]. La solicitud incluía la donación de equipamiento de última generación, lo que suponía la conversión en uno de los laboratorios radiológicos mejor equipados de Europa (ver Tabla I), también asesoramiento, protocolos analíticos y ayuda financiera. Todo sin especificar cuantía ni plazos; al arbitrio de los promotores. Esta imprecisión contractual supondría un quebradero de cabeza a lo largo de sus 43 años de vigencia. La aceptación española se realizó de inmediato, sin apostilla o inclusión garantista alguna[42]. En el anexo de la carta se especificó con más detalle los trabajos a los que habría de hacer frente la JEN:

1. *Collection of information on uptake and retention of plutonium and uranium by representative numbers of a population group potentially exposed to inhalation of a plutonium oxide aerosol.*
2. *Measurement of temporal and seasonal fluctuations in plutonium air concentrations.*
3. *Serial measurements of contamination levels (both by plant uptake from the soil and wind dispersal) of agricultural products.*
4. *Studies of the temporal migration and redistribution of plutonium oxide in soil*[43].

Tabla I
Proyecto Indalo. Donación y compra de equipos; primeros años

Donaciones y compras	*Fecha*	*Importe ptas.*	*Proveed.-Fabricante*	*País*
Equipos lavado y descontaminación ropas	10-1966	458.654,30	La Fuente	España
Computadora Olivetti “Programa 101”	12-1967	245.380	Comercial Mecanográfica	Italia
Lavadora mat. laboratorio	01-1968	116.800	Sáenz Llofiú	Suiza

41. Carta John Hall, a Otero Navascués, Feb 25, 1966 in Antonio Sánchez Picón and José Herrera Plaza, *Operación Flecha Rota. Accidente Nuclear en Palomares*. (Sevilla: Junta de Andalucía, 2003), 127-133.
42. Herrera, *Accidente Nuclear en Palomares*, 195-215.
43. Carta Hall a Otero, in Sánchez and Herrera, *Operación Flecha Rota*, 130.

Donaciones y compras	*Fecha*	*Importe ptas.*	*Proveed.- Fabricante*	*País*
Máquina escribir Underwood	01-1968	34.500	Guillermo Truninger	EE.UU.
Máquina soldar plástico	07-1968	11.100	Roverbloc	—
Fichero de madera	09-1968	23.870	J.L. Prieto	España
Contador de Cuerpo Entero	11-1968	1.139.688	LANL	EE.UU.
Microscopio Wild	11-1968	45.738	Pablo A. Wherli	—
Cámara microfotográfica Hill	11-1968	24.315	Pablo A. Wherli	—
Fibrómetro completo	02-1969	65.000	Izasa	EE.UU.
Equipo aire acondicionado	04-1969	26.960	Climas Auto Ferros	—
Acondicionador de aire Fedders	07-1969	31.988	SIASA	EE.UU.
Proyector carrusel "S-85"	10-1969	10.776	Foto Frías	EE.UU.
Tubos fotomultiplicadores	02-1970	25.232	Ataio	—
Proyector Bauer	03-1970	20.000	Salvador Peckler	Alemania
Estufa de desecación	06-1970	8.685	Importhecnia Ibérica	—
Estación Metereológica "Climent"	1970	48.900	EG& G Climent Instruments	EE.UU.
Repuestos para teletipo	09-1970	4.891	Teletype Corporation	EE.UU.
Cuenta de corpúsculos. Clasificador por tamaños	01-1971	502.434	Izasa	EE.UU.
Medidor alfa y beta bajo fondo	07-1971	1.082.294	Intertechnique.	Francia
Cinta Mylan	02-1972	103.738	W.B Johnson & Associated	EE.UU.
Cristal de ioduro sódico con fotomultiplicador	02-1972	140.786	Harshaw Chemical	EE.UU.
Estación metereológica "Climent"	02-1972	48.913	EG& G Climent Instruments	EE.UU.
Encefaloscopio transductor desplazamiento craneal	04-1973	502.434	HP	EE.UU.
Analizador multicanal Packard Serie 9000	11-1973	961.430	HP	EE.UU.
Analizador-amplificador	01-1974	333.769	Ortec Inc.	EE.UU.
Manipuladores extensibles	03-1974	77.960	X-Cel X Ray Corporation	EE.UU.

Donaciones y compras	*Fecha*	*Importe ptas.*	*Proveed.- Fabricante*	*País*
Estación metereológica "Climent" Mod. CI-3	06-1974	—	CEA	EE.UU.
Eq. Obtención Muestras de Aire (3 uds.)	06-1974	—	CEA	EE.UU.
Alfaespectómetro	06-1974	960.050	CEA	EE.UU
Vitrina de gases sobremesa	07-1974	105.400	F.Vallés	España
Analizador-amplificador 12 canales	02-1975	465.639	Northern Scientific	EE.UU.
Cristales cultivados "MBSH-PHOSWICN"	07-1975	456.780	Harsaw Chemical	EE.UU.
Maniquí esqueleto torácico	07-1975	152.105	Alderson Research Lab. .	EE.UU.

Fuente: AGA-DoE.



Figura 3. Parte del equipo de la JEN destacado en Palomares. El Dr. Ramos, de perfil en el centro. Fuente: (AHEA).

Dynamis 2022; 42 (1): 225-256

A partir de ese momento, las renuencias del equipo negociador de la JEN desaparecieron "siguiendo órdenes superiores"[44]. Por si cupiera alguna duda del promotor, el propio Hall comunica el nuevo acuerdo al presidente de la CEA y codescubridor del plutonio, Glenn Seaborg: "Dr. Langham's efforts also included the development of a recommendation for a longer term cooperative program"[45].

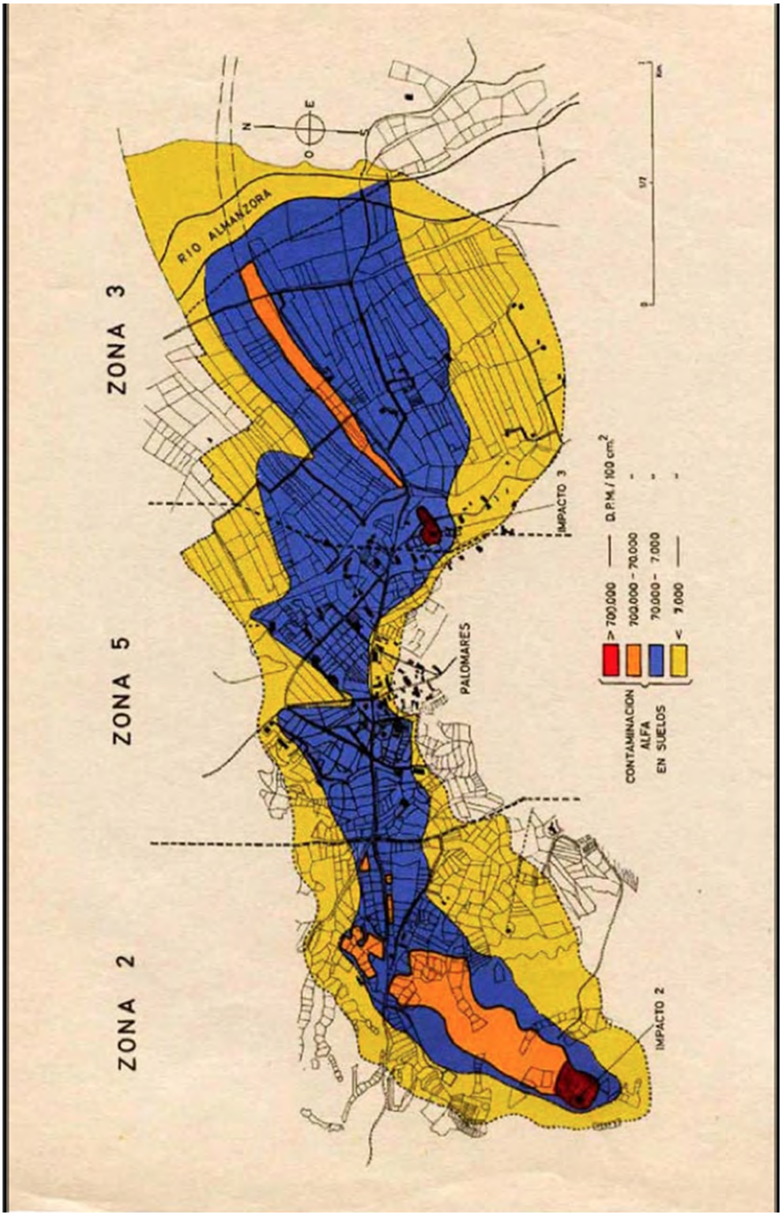
Tres días más tarde de aceptar la propuesta, se firmaron otros nuevos acuerdos de descontaminación, con una importante alza de los niveles, defendidos por Langham como "razonables" o "aceptables"[46]. El Dr. Ramos firmó disciplinadamente el compromiso norteamericano de retirar de España las tierras por encima de los 462 μgr./m^2 de Pu^{239}. El profesor del King's College, John Howard, afirma al respecto:

> "Haggling behind closed doors, with no international oversight, Spanish and American scientists, diplomats, and general charted the fate of Palomares and Villaricos"[47].

En un simposio celebrado en Mónaco meses después, la JEN reconoció por primera y última vez, que solo se habían llevado por encima de 1 540 μgr./m^2 de Pu^{239}, más de tres veces lo acordado[48] y 28,5 veces más de lo propuesto por el Dr. Ramos (54 μgr./m^2). Con posterioridad, Iranzo y el CIEMAT, adoptaron en sus publicaciones los valores nominales de los acuerdos, consolidando la "historia oficial", con inclusión de mapas radiométricos infravalorados (ver mapa 1), con una isolínea máxima de >60 000 desintegraciones por minuto (dpm) (>462 μgr./m^2) en vez de >700 000 dpm (>5 390 μgr./m^2)[49].

44. Guillermo Velarde Pinacho,. *Proyecto Islero*. (Córdoba: Guadalmazán, 2016), 38.
45. Carta John Hall, a Glenn Seaborg Mar 30, 1966, DoE, Washington, EE.UU.
46. Place, Cobb and Defferding, "Palomares summary report", 13-19.Telegrama Embajada Madrid-Departamento de Estado, Feb 21, 1966, Lyndon Johnson Presidential Lybrary, Austin, EE.UU.
47. John Howard, *The american nuclear cover-up in Spain* (London: The British Library, 2017), 5.
48. Eduardo Ramos and Emilio Iranzo, "Experience of an accidental contamination by radioactive materials in Palomares, 1966". II.º Simposio sobre los Riesgos de las Radiaciones Nucleares. Mónaco, Nov 10-15, 1966: 9. DoE, Washington, EE.UU.
49. Existen numerosos ejemplos. Uno de ellos: Emilio Iranzo, Chester Richmond, "Plutonium contamination twenty years after the nuclear accident in Spain". 8Th International Congres of Radiation Research. Edimburgh, Jul, 1987: 9. DoE, Washington, EE.UU.

Mapa 1
Mapa radiométrico a escala auténtico de la "Zona 0", con isolíneas no minusvaloradas



Fuente: (CIEMAT)

El resultado fue gracias a la presión y carisma del Dr. Langham; el mismo que en 1959 afirmaba, cuando se trataba de sus compatriotas: "Control of the industrial hazards of Pu^{239} processing is based on the premise that exposure of personnel should be as nearly zero as possible"[50]. Langham silenció que cuando participó en los ensayos de liberación de Pu en Nevada (*Test 56* y *Test Group 57*) concluyeron, que a partir de 100 μgr/m^2 (11 250 dpm) de Pu^{239}, era el máximo para evacuar y efectuar una limpieza[51].

Cuando dos años más tarde tuvieron problemas de contaminación con Pu^{239} en Rocky Flats (Colorado), se propuso como nivel aceptable 0,13 μgr./m^2; instaurado en 1973 como primera normativa de los EE.UU. En su texto la ley argumentó que:

> *Contamination of the soil in excess of 2.0 dpm of plutonium per gram of dry soil or square centimeter of surface area (0.01 μgr./m^2) presents a sufficient hazard to the public health to require the utilization of special techniques of construction upon property so contaminated*[52].

Comparemos los criterios de niveles propuestos para EE.UU. y España:

— Rocky Flats, 1968 = 0,01 μCi/m^2 = 0,13 μgr./m^2.
— Palomares, 1966 = 462 μgr./m^2 : 0,13 μgr./m^2 = 3 554 veces mayor.

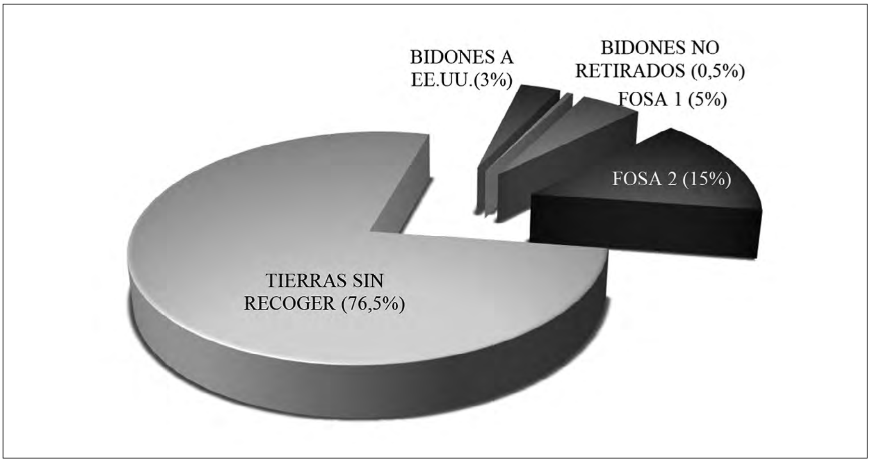
Lo "razonable" o "aceptable" de plutonio en España para los EE.UU. era 3 554 veces superior a lo que consideraban para su propio territorio y habitantes. Algo que, en similar escala, volvería a repetirse 49 años más tarde con el llamado "Acuerdo de intenciones no vinculante", firmado por el secretario de Estado John Kerry y el ministro de Exteriores José Manuel García

50. Wright Langham, "Physiology and Toxicology of Plutonium-239 and its industrial medical control". *Health Physics* 2. (1959): 172.
51. J. Newell Stannard and Jr. Baalman, *Radioactivity and health. A history*. (Washington: Pacific Northwest Laboratory, 1988), 1198. https://doi.org/10.2172/6608787
52. Rules and Regulation Pertaining to Radiation Control, apartado RH 4.21. 1973. Colorado, in D.I. Chanin, and W.B. Murfin, "Site Restoration Estimation of Attributable Cost from Plutonium Dispersal Accident", 1996. Sandia Co. Apéndice B: 1. https://doi.org/10.2172/249283

Margallo (11/2015)[53] y aceptado en sus términos generales por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)[54].

La caracterización radiológica, dentro del Plan de Investigación de 2004-2008[55] y estudios en la plataforma marina continental y abisal evidencian que, aquello que se llevaron y todo lo que se quedó en la zona, fue a discreción de la parte norteamericana (ver estimación detallada en Gráfico 1).

Gráfico I. Descontaminación estimada de tierras Palomares 1966



JEN, Fuente: CIEMAT, DoE. Elaboración propia.

Para comprender lo sucedido, analicemos los posibles móviles de sus acciones. Aunque las agencias establecían niveles "razonables" muy diver-

---

53. Los norteamericanos exigieron, tras una hipotética limpieza en Sierra Almagrera (Zona 6) una contaminación residual de Am^{241} de 4 Bq/gr (=6 Bq/cm^2), mientras la *Nuclear Regulatory Commission* considera como escenario ideal en el territorio de los EE.UU. 0,01 Bq/cm^2; 600 veces menor. El $Pu^{239+240}$ que quedaría supone alrededor de cuatro veces el Am^{241} (=24 Bq/cm^2) que es 4 800 veces superior para Pu^{239}a lo recomendado por ellos (0,005 Bq/cm^2).
54. Carta de Martín Schaffhausen a Ibáñez Rubio de Jul 23, 2015, notificando la aprobación unánime de la contrapropuesta norteamericana: Evaluation of Alternatives for Remediation of Soil of Contamination at the Palomares Accident Site (DoE/NV-1536). CSN, Madrid, España.
CSN. Acta 1356, Jul 22, 2015. Consulta: Nov 14, 2020. https://www.csn.es/documents/10182/878175/1356+-+Acta/75c5e032-ea5f-4c80-87b0-a7debb4d686e.
55. Sáez, "Caracterización radiológica", 59-147. M.ª Paz Antón Mateos, "Dinámica sedimentaria de radionucleidos de vida larga en el litoral Mediterráneo occidental" (Phd. Diss, Universidad Complutense de Madrid, 2013).

gentes: de los 460 μgr./m^2 del Departamento de Defensa, a los 1 000 del Departamento de Estado[56]. ¿Por qué ese empeño en dejar altos niveles de contaminación?

— Se hallaba el deseo de reducir las consecuencias de cara a la opinión pública con unas rápidas acciones de remedio. En España, por la proximidad de la temporada turística. A los EE.UU., por la reducción de la costosa y arriesgada descontaminación. Ambas naciones, por la opinión pública ante el desarrollo de la industria nuclear.

— La avidez investigadora a través del P.I.: un inventario significativo de Pu facilitaba su detección y evaluación. Los protocolos analíticos eran poco sensibles (actividad mínima detectable [AMD] 0,37 miliBequereles/día)[57]. La problemática de Langham con algunos de los expuestos al plutonio en LANL era: "A very important current problem, therefore, is diagnosis of body burden under conditions of very low-level chronic exposure"[58].

Un año más tarde Langham recibió la gratitud de quienes tanto le debían. Fue condecorado por el Departamento de Defensa. En la exposición de motivos se leyó: "Dr. Langham's outstanding and unselfish performance during this period (...) contributed greatly to the exceptionally successful completion of negotiations following the Palomares accident"[59].

4. Iª Etapa (1966-1972)

La JEN se había comprometido a realizar los trabajos y elaboración de informes, por tanto la tarea que tenían por delante era enorme. Lo prioritario fue adecuar las infraestructuras al nuevo reto. En el tercer trimestre de 1966 se aprobó la construcción de nueva planta del edificio para albergar el contador de cuerpo entero (CCE). Se incluía en el primer piso un laboratorio, así como otro edificio de descontaminación para la División de Medicina y

56. Dean Rusk, telegrama a la Embajada en Madrid, Feb 13, 1966, donación del Ministerio Asuntos Exteriores de Dinamarca.
57. Harry Pettengill and Rick Jones, Travel to Spain to Indalo Project, Dec, 1991. DoE, Washington, EE.UU.
58. Langham *et al.*, "The Alamos Scientific Laboratory's", 757.
59. "W. H. Langham receives DoD medal". *The Atom* 4, n.º 8 (Aug, 1967) consulta Nov 18, 2020: 1. https://library.lanl.gov/cgi-bin/getfile?atom1967.htm.

ampliación del de Química. Todos fueron declarados de interés nacional y realizados por el Servicio Militar de Construcciones[60].

El Pu^{239} en forma de dióxido de plutonio ($^{239}PuO_2$) es un alfaemisor muy insoluble en agua. La contaminación externa es despreciable. La vía principal de entrada es la inhalación, favorecida por un ecosistema árido y ventoso y la fracción respirable de las partículas que alcanzan los alvéolos son inferiores a diez micras[61].

La orientación prioritaria de la experimentación humana se basó inicialmente en el análisis del aire, la excreta de Pu en orina durante 24 horas y el CCE para medir la contaminación interna. Se vigilaron los productos agrícolas y las tasas de transferencia del $Pu^{239+240}$ en tierra-aire-humanos. En esta etapa se descubrió la capacidad bioacumuladora de los caracoles con respecto al Pu[62]. Comenzó un muestreo anual de la población en Madrid de aquellos que aceptaron, con todos los gastos pagados y la prima de generosas dietas para anular posibles renuencias[63].

El estudio del Pu en humanos obligaba a la máxima discreción. En un informe de la CEA, se afirma: "The code name Indalo was used when it was desirable to avoid the name 'Palomares' "[64]. Coincidente con otros testimonios, un vecino confesó: "Los españoles tuvieron más culpa que ellos, porque no nos decían nada y eran los que más nos lo ocultaban"[65].

Hasta hace muy poco se desconocían las medidas para asegurar la desinformación en los vecinos. Estos paliaban el secretismo oficial con la audición de programas en español de Radio España Independiente, "La Pirenaica", la BBC o Radio París, en la banda de onda corta[66]. Para impedirlo y seguir manteniendo un control exhaustivo sobre ellos y resto de la comarca, se instaló

60. JEN. Expedientes de obras 597 y 598 del 11 y 12/1966. Idd (13)004.016, cajas 75/24073-75/24075. AGA, Alcalá de Henares, España.
61. W.J. Bair and R.C. Thompson, "Plutonium: biomedical research. More is known about the toxicology of plutonium than about most other hazardous elements". *Science* 183, n.º 4126 (1974): 715-722. https://doi.org/10.1126/science.183.4126.715.
62. Concepción Álvarez Ramis and A. Gregorides de Los Santos, "Contamination of terrestrial gasteropda in a biotope with low level alfa contamination due to plutonium and uranium". Actes du Symposiun International de Radioecologie. Cadarache, Francia; (1969): 961-982.
63. Herrera, *Accidente nuclear,* 196-200.
64. H.D. Brunner, Notes on conversations with Drs. Eduardo Ramos, Emilio Iranzo y Francisco Pascual of the spanish JEN, Madrid, Sep 18-211974. DoE, Washington, EE.UU.
65. Francisco Flores Serrano, entrevista realizada por el autor, Jun 20, 2004.
66. Herrera, *Accidente nuclear,* 80-82, 235.

Dynamis 2022; 42 (1): 225-256

en Vera, 33 días después del accidente, un equipo móvil de interferencias radiofónicas para onda corta[67].

Se escogieron a los 69 vecinos que más probabilidad tenían de haber respirado los aerosoles el día del accidente. La orina fue recogida en Palomares desde el 06/06/1966 en tres ocasiones; una por mes. Los resultados dieron un 99% de positivos, con algunos niveles altos[68]. Los positivos fueron invalidados. La justificación era una conjetura elevada a rango de evidencia. Se basaba en la supuesta contaminación en origen, a través de la estrecha boca de la botella colectora de la orina, en los segundos que dura una micción, cuando siempre afirmaban que no existía contaminación en el aire. Pero contradictoriamente, esos positivos rechazados fueron computados en sus fichas radiométricas[69] (ver Figura 4). En junio de 1967, once meses más tarde, se volvieron a realizar los análisis, pero la colecta de orina fue en Madrid. Los positivos bajaron al 29%. El intervalo tan dilatado de espera para la segunda prueba no era casual. Desde los años 50 se sabía que la tasa de excreción urinaria podría disminuir en once meses alrededor del 90%[70].

A partir de entonces y hasta el presente, casi sin interrupciones, un muestreo anual de 120-150 vecinos han pasado por la JEN-CIEMAT para someterse a reconocimiento médico completo y análisis de orina de veinticuatro horas en busca de $Pu^{239+240}$ y con posterioridad Am^{241}.

Cuando en EE.UU. realizaron en 1966, 1 768 análisis de 1 586 militares, apareció el 100% de positivos, aunque 1 144 con bajos niveles. El retraso y la deficiente protección radiológica a la tropa pareció mostrarse. Con idéntica estrategia a la de Madrid, se invalidaron y repitieron los 442 más altos por “unrealistically high”[71]; ninguno de los bajos. Los nuevos resultados dieron

67. General Montel Touzet. Telegrama cifrado n.º 31 de Feb 20, 1966. AHEA, Villaviciosa de Odón, España.
68. Emilio Iranzo and Eduardo Ramos, “Determinación del riesgo a que ha estado sometida la población como consecuencia de un accidente nuclear generador de un aerosol radiactivo”. Environmental contamination by radioactive materials; OIEA (1969): 536-537. DoE, Washington, EE.UU.
69. Fichas de control radiológico n.º 088, 096 y 098, JEN, Nov, 1985, carpeta 9. Archivo Jordi Bigues. Centre d’Història de la Ciència (UAB).
70. Wrigth Langham, Samuel Bassett *et al.* “Distribution and excretion of plutonium administered intravenously to man”, Sept, 1950, LANL, informe LA-1151, 25, consulta Nov 16, 2020, http://lib-www.lanl.gov/cgi-bin/getfile?00329054.pdf.
71. Air Force Surgeon General’s Office. “Palomares Nuclear Weapons Accident. Revised Dose Evaluation Report”, Apr, 2001, 5-7. consulta Nov 16, 2020, https://www.documentcloud.org/documents/2797013-xxplutonium-2001-USAF-Revised-Dose-Evaluation.html.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

DIRECCION DE PROTECCION RADIOLOGICA Y MEDIO AMBIENTE

RESUMEN DE FICHA DE CONTROL RADIOLOGICO

088

1º DATOS PERSONALES

APELLIDOS:
NOMBRE:
PROCEDENCIA: Palomares

Vacío - 19..
Fecha de nacimiento: 1940
D.N.I. 27.

2º DATOS DE ARCHIVOS TECNICOS

FECHA DE ANALISIS	ACTIVIDAD DE PLUTONIO EN LOS PULMONES mBq	EXCRECION URINARIA DE PLUTONIO mBq/día
06-06-66		6,66
24-06-66		5,55
10-08-66		6,28
16-05-67	LID	1,11
17-05-67		2,22
18-05-67		3,33
08-07-75	LID	LID
09-07-75		LID
	SEC.DOSIMETRIA. EL JEFE DEL CONT.RADIACTIVIDAD CORPORAL Fdo. F. de los Santos Fecha: 29-10-85	SEC.DOSIMETRIA. EL JEFE DEL PRUEBAS DE BIOELIMINACION Fdo. A. Espinosa Fecha: 29-10-85

3º RESULTADOS EVALUACION RADIOLOGICA

Algunos de los resultados obtenidos en las determinaciones que se le han efectuado a usted han resultado positivos.

Se ha calculado la dosis máxima que podría usted recibir en 50 años como consecuencia de la posible contaminación del modo siguiente:

Suponiendo que es debida a la respiración de polvo contaminado en el año 1966.
Dando a las determinaciones inferiores al límite de detección un valor igual al de dicho límite.
Atribuyendo los valores de 1966 a contaminación de la muestra de orina y no a contaminación interna de su persona al igual que se ha hecho para toda la población.

Se ha estimado así que dicha dosis máxima es de 120,6 mSv.

Madrid, 29 de Octubre de 1985
EL JEFE DEL PLAN DE VIGILANCIA: E. IRANZO

Figura 4. Ficha radiométrica con tres primeros positivos invalidados pero consignados.
Fuente: Archivo Jordi Bigues. UAB.

cifras muy inferiores, mostrando que los cientos de errores con respecto a los primeros eran por exceso; ninguno por defecto. Pasado medio siglo, las posibles consecuencias a la salud han sido denunciadas en prensa o tribunales[72] y la manipulación analítica ha sido probada por algunos científicos[73].

En noviembre de 1968 llegó el CCE. Este se basaba en la medición de los fotones de baja energía que emitía el Pu. Teóricamente debería medir la radiactividad interna del pulmón generada por el Pu. La AMD era muy alta: 40 nanocurios (nCi) y no hubo una sola detección, ni siquiera los que daban positivo en los análisis de orina. Años más tarde intentaron aumentar la sensibilidad a la mitad, con idénticos resultados.

Resulta incomprensible que se publicitara tanto y diseñara un equipo tan costoso, con una sensibilidad ya obsoleta. Langham reconocía en 1964 equipos con una AMD de 15 nCi. A pesar de esto afirmaba:

> *At the present time, there is no proven method for assessing body burden in those cases where significant reservoirs of unabsorbed material may be localized in lungs and lymph nodes*[74].

A finales de 1970, cuando se estaba trasvasando en la JEN líquido radiactivo de alta actividad, se produjo un vertido accidental a la alcantarilla que terminó en el Manzanares, Jarama y Tajo. Esto ocasionó la contaminación radiactiva de las cosechas, que paralizaron las actividades del P.I. durante muchos meses en la JEN[75]. Por esta razón, la CEA suspendió por primera vez la ayuda financiera.

Langham visita por última vez Palomares en 1971. En su informe, se queja de la pérdida de entusiasmo en la JEN con respecto al P.I. De los cinco muestreadores de aire ya solo funcionaban dos[76]. En 1972 fallece en un accidente de aviación.

---

72. Phillipps, "Decades later", 1, 12.
73. Yan Bayea and Frank Von Hippel. "History of dose, risk, and compensation assessments for US veterans of the 1966 plutonium cleanup in Palomares, Spain". *Health Physics* 117, n.º 6 (2019): 625-636. https://dx.doi.org/10.1097%2FHP.0000000000001103.
74. Langham, "The Alamos Scientific", 573.
75. A. Romero de Pablos and J.M. Sánchez Ron, *Energía nuclear en España. De la JEN al CIEMAT* (Madrid: CIEMAT, 2001), 236-238.
76. Wright Langham. Memorando Trip report on foreing travel, Apr 1, 1972. DoE, Washington, EE.UU.

5. IIª Etapa (1973-1985)

Con la muerte de Langham el P.I. se quedó de alguna manera huérfano. Pronto es sustituido por su reputado compañero de LANL, Chester Richmond, médico que investigó el comportamiento biológico de varios radioisótopos en humanos y mamíferos[77].

En octubre de 1973 se produce una importante riada que ocasiona graves daños en el sureste español. El río Almanzora, junto a la pedanía, llegó a transportar una media de 3 500 m^3/seg., un caudal semejante al del Danubio[78]. Toda la vega de Palomares fue arrasada y transportada la capa superficial de tierra al mar. Algo menos de 150 hectáreas de la denominada Zona 3, con valores de 53 a 5 390 μgr/m^2 de $Pu^{239+240}$, enterrados mediante arado, fueron arrastrados al mar en su mayoría[79].

Tabla II
Estimación de dosis efectiva recibida en Palomares(1966-88)

Dosis estimada (mSv)	*Rem*	*Número de personas*
< 20	(<2)	714
20-50	(2-5)	22
50-100	(5-10)	22
100-150	(10-15)	6
150-200	(15-20)	5

Fuente*:* CSN-CIEMAT.

La mayoría de la contaminación fue sepultada mediante arado en los campos de labor. Como seguramente previó Langham, al volverlos a arar con posterioridad, se generarían importantes niveles de contaminación. Los cambios de filtros de los muestreadores de aire eran cada diez días. Los esperados picos en los días ventosos se diluían con los días de calma, cuando la

77. George Voelz, Donald Petersen and Debra Daugherty. "Tracer studies at Los Alamos and the birth of nuclear medicine". *Los Alamos Science* 23 (1995): 264.
78. José Capel Molina. "Génesis de las inundaciones de octubre de 1973 en el sureste de la Península Ibérica". *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada,* n.º 2 (1974): 80.
79. Lourdes Romero González. "Estudio del transporte tierra-mar de elementos transuránidos. Aplicación al accidente de Palomares (Almería) de 1966" (Phd. Diss, Universidad Complutense de Madrid, 1991), 265.

contaminación en el aire era inferior al mínimo detectable. El $^{239}PuO_2$ tiene una densidad semejante al plomo, por lo que la velocidad de sedimentación sin viento es rápida. Pero un solo aerosol con Pu puede contaminar internamente, como sucedió el día del accidente, ya que solo precisa menos de la mitad de una millonésima de gramo[80]. Estos datos de diez días se promediaban con los del resto del año, de esta manera, aún con numerosos aerosoles a partir de 1967, la media nunca rebasaba el máximo y no saltaban las alarmas. Además, fueron omitidos datos básicos, como máximos y mínimos, dispersión típica o varianza. Solo en una ocasión se han mostrado algunos con detalle. Fue en la primera revista científica que decidieron publicar. En ella se reconoce que se superó el máximo permitido al menos en cinco muestras de los primeros años[81], que contradice sus resultados presentados 16 años antes, donde afirman que se superaron en catorce ocasiones, llegando en tres días hasta diez veces la concentración máxima permisible[82].

También se incorporan nuevas técnicas, como la dosimetría biológica, con el análisis de 123 vecinos[83]. En 1973 aparecieron las primeros desengaños en los estudios en humanos y morosidades en los pagos, tras el fracaso del CCE[84].

En 1978, los responsables norteamericanos van a reconocer la deficiente descontaminación y plantearán el enterramiento de toda tierra por encima de 54 $\mu g/m^2$. Proposición que quedó sin respuesta por parte de los dos gobiernos[85]. Ese mismo año, los directivos de la CEA se alegran por la llegada de la democracia a España pero temiendo el final del secretismo de la dictadura: "While this appears to be beneficial to the people of Spain, it also increases the likelihood that "Project Indalo" will at some time be closely examined"[86].

A partir de esta etapa es cuando el interés de la contraparte norteamericana se focaliza también en el creciente inventario de Am^{241}, generado del

---

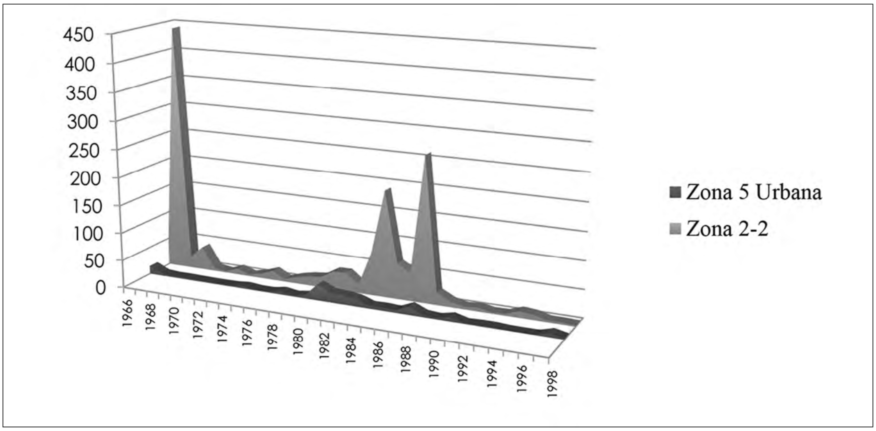
80. Langham *et al.*, "The Alamos Scientific", 754.
81. Emilio Iranzo, Sinesio Salvador and Emma Iranzo. "Air concentrations of Pu239 and Pu240 and potential radiation doses to persons living near Pu-contaminated areas in Palomares, Spain". *Health Physics* 52, n.º 4 (1986): 453-462. https://doi.org/10.1097/00004032-198704000-00006.
82. Emilio Iranzo and Sinesio Salvador. "Inhalation risks to people living near a contaminated área". II International Congress of International Radiation Protection Association. Brighton, Inglaterra; May, 1970, in: Newell and Baalman, "Radioactivity and health", 1208.
83. Carta de E. Iranzo a H. Bruner, con informe anual del P.I, Nov 30, 1976. DoE. Washington, EE.UU.
84. Carta W. Burr a J. Liverman, Nov 29, 1973. DoE. Washington, EE.UU.
85. Carta Phillip Dean a Bruce Wachholz (CEA), May 26, 1978. DoE. Washington, EE.UU.
86. Memorando James Liverman al Secretario de CEA; Apr 3, 1978. DoE. Washington, EE.UU.

Pu^{241}. En 1985 se generaliza la determinación analítica del Am^{241} en todos los análisis radiológicos de orina[87].

6. IIIª Etapa (1986-1998)

Tras casi un año de movilizaciones por la extinción a los 20 años de la posibilidad de reclamar por daños diferidos, los vecinos consiguen en 1986 que les entreguen parte de sus historiales clínicos, incluidos análisis de Pu en orina. Este derecho básico les había sido negado desde 1966, a pesar de llevar ocho años de gobiernos democráticos. Solo lo consiguen cuando anuncian su negativa de someterse a más análisis y en el CIEMAT ven peligrar la continuidad del P.I. Desde 1986 a 1990 no llegaron las asignaciones anuales desde la CEA, por lo que detuvieron o ralentizaron las distintas líneas de investigación[88].

Gráfico II
Resuspensiones medias de $Pu^{239+240}$ Zona 5 (urbana) y la 2-2 en µBq/m³



Fuente: CSN-CIEMAT

87. Carta Francisco Mingot Buades a Harry Pettengill con informe: "Summary report on the 26 Palomares Surveillance Program"; Jul, 1992, 15. DoE. Washington, EE.UU.
88. Fax de Chester Richmond a Harvey Scott: Informe y presupuesto para 1993, Feb 03, 1992, 7. DoE. Washington, EE.UU.

A mediados de la década se realizó una caracterización de americio en la Zona 2. Parte de los resultados se comunicaron reservadamente y saltan las alarmas, el resto desaparecen. Han permanecido ilocalizables hasta inicios del milenio, en que se publicaron[89]. En la misma área se construyó en 1988 una gran balsa sobre unos terrenos muy contaminados. Según lo esperado, se alcanzaron algunos máximos durante quince semanas, superando de dos a diecinueve veces el límite[90]. Las mediciones se tomaron desde 500 m. Es de suponer que en la misma obra los niveles fueron aún mayores. En el CIEMAT se limitaron a estudiar el incremento de la resuspensión, pero no avisaron del peligro a los promotores para buscar un lugar alternativo, o a los trabajadores de la empresa constructora. Más tarde presentaron en un simposio los resultados del incremento de la resuspensión[91].

En 1994 el presidente Clinton creó el Comité Asesor sobre Experimentos Radiológicos Humanos, tras la denuncia de la presidenta de la CEA, Hazel O'Leary; abogada de origen afroamericano y primera mujer que accedía al cargo. Aunque se centró en las decenas de miles de víctimas en los EE.UU., también el P.I. apareció en una vasta lista, con la inclusión de algunos documentos del DoE[92]. La actitud norteamericana ante el P.I. cambió de manera sensible:

> There is no better opportunity anywhere in the world, to study a population where a highly complex society with intensive agricultural operations, exists in proximity to Pu contamination without governmental control[93].

En 1997 se firmó una renovación del P.I. con el nombre de "Proyecto de Anexo I". Incluía la condición de una revisión científica del programa con

---

89. Asunción Espinosa, Antonio Aragón and B. de la Cruz, *Estimación del Contenido de Americio existente en el año 1987 en una zona de Palomares contaminada en 1966 por material de plutonio grado bomba*. (Madrid: CIEMAT, 2001): 2.
90. Iranzo *et al.* "Air concentrations of Pu239 and Pu240", 456.
Asumiendo que la máxima dosis equivalente comprometida para el público es de 1 miliSiervert/año, la concentración derivada del aire para clase Y: 1,2 mBq/m^3.
91. José Martínez, Asunción Espinosa and Antonio Aragón. "Determinación de la variación en la concentración de partículas en aire a causa de labores que implican movilización de suelo contaminado". Sociedad Nuclear Española; 25.ª Reunión anual; Nov, 1999. DoE. Washington, EE.UU.
92. HREX (Human Radiation Experiment Information Management System), página web gubernamental hoy desaparecida. Última consulta May 22, 2003.
93. Carta de Joseph Shinn a Elaine Gallin con el informe de su viaje a España, Jul, 1993. DoE. Washington, EE.UU.

"un grupo externo de expertos independientes"[94]. Al año siguiente, sin Hazel O'Leary en la presidencia y con las aguas retornando a su cauce, se celebra en Madrid el *Palomares Program Review*, con cuatro expertos como revisores y varios miembros oyentes de la CEA, DoE y CIEMAT. De los revisores, el único externo e independiente fue Eduardo Sollet (Iberdrola). George Voelz (LANL) experto de plutonio en humanos, estuvo indirectamente relacionado, los dos restantes fueron quienes lo coordinaron durante décadas: Iranzo y Richmond, que revisaron y auditaron su propia labor[95].

7. IVª Etapa (1999-2009)

Además del seguimiento sanitario y radiológico de 150 vecinos al año, el último periodo se caracterizó por la voluntad de conocer la contaminación real. Algunos científicos norteamericanos, como Merryl Eisenbud, que visitó en 1992 el CIEMAT, se había extrañado de la poca información sobre la cantidad total de Pu y Am presente en los suelos de Palomares[96].

Para remediar tal carencia, así como de conocer la realidad de cuánto había quedado en 1966, se firmaron en 2006 y 2007 dos acuerdos complementarios: Proyectos de Anexo II y III, en el que los EE.UU. se comprometieron a ayudar en el inventario actualizado, mediante colaboración científica, equipos y ayuda financiera en el Plan de Investigación, con la elaboración de un mapa tridimensional (ver Figura 5).

El P.I. terminó el 30/09/2009, 43 años más tarde. En ese periodo se realizaron 13 753 determinaciones de productos agrícolas. Hasta 2010, 1 073 personas fueron controladas en 5 004 exámenes y análisis de plutonio en orina. De ellas, 140 (13,04%) mostraron algún resultado positivo[97]. Se rea-

94. Acuerdo Implementación DoE-Minist. Industria. Proyecto de Anexo I, Sept 15, 1997, p. 9, DoE, Washington, EE.UU.
95. Memorando de Barrett Fountos: Trip report to Spain with accomplishnents related to Palomares Program Review, Sep 23, 1998, DoE, Washington, EE.UU. Fax de Linda Sharp a Barret Fountos, Aug 25, 1998. Palomares site review. Second meeting, Jun 29, 1998, DoE, Washington, EE.UU.
96. Carta de Merril Eisenbud a Rick Jones con informe: Highlights of the studies being conducted in Palomares, Spain, Jun 16, 1992, p. 3, DoE, Washington, EE.UU.
97. José Gutiérrez *et al*. "Spanish experience in intervention at an accidentally contaminated site". International Symposium on remediation and restoration of radioactive-contaminated sites in Europe. Antwerp, Belgium, 1993, , p. 25. DoE, Washington, EE.UU.
Al igual que otros resultados, los positivos en orina pueden cambiar según el documento o publicación relacionada.

Dynamis 2022; 42 (1): 225-256

lizaron unos 6 900 análisis de aire, con una media de 160 al año[98], de los que no se ha dado a conocer la proporción de positivos y los que superaron el máximo permitido. Entre 1968-1990 fueron reconocidas en el CCE, 800 personas en 1 190 mediciones, con resultados en Pu^{239} inferiores a la AMD y ocultos cuando se refieren al Am^{241} o U^{235}[99].

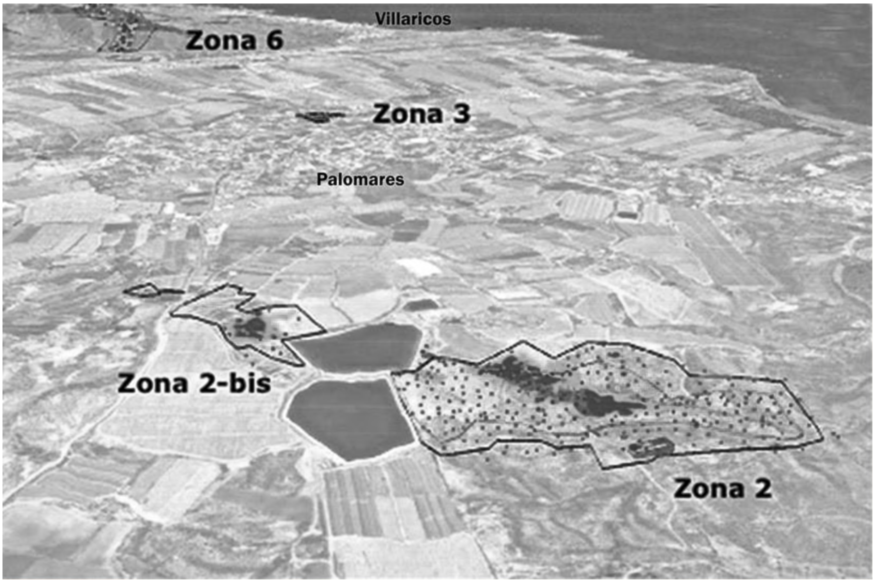


Figura 5. Situación actual Palomares-Villaricos, con cuatro parcelas restringidas y valladas. Fuente: CIEMAT.

7. Conclusiones

Cuando se produce el accidente nuclear en Palomares, el Pu llevaba 26 años descubierto. El nivel de ignorancia sobre tolerancia humana o dosis umbral era elevado. No existían máximos permisibles legales. En un simposio pos-

98. Carlos Sancho. "From the accident to the rehabilitation plan". International Simposio internacional en descontaminación. Fukushima Oct 17, 2011, p. 13, consulta Nov 21, 2020, https://www.oecd-nea.org/news/2011/NEWS-07-presentations/7 Session 2-3 Carlos Sancho.pdf
99. Carta Eisenbud-Jones, p. 6.

terior al accidente, con Langham y los doctores implicados en Palomares, reconocieron que la carga corporal máxima permisible “is based on extrapolations from experience with radium-dial painters and small animals”, así como que los análisis de orina “may only vaguely indicate the amount of the isotope which may be deposited in the lungs”[100].

En el desbloqueo de las negociaciones e intento de dejar el máximo de contaminación, Langham ofició como asesor carismático. Ello permitió su evaluación mediante unos medios analíticos aún poco sensibles y estudiar, a largo plazo, la relación dosis-respuesta del $Pu^{239+240}$ y con posterioridad Am^{241}, por inhalación en el cuerpo humano, en un significativo número de personas.

El secretismo que rodeó al suceso permitió actitudes desleales con los afectados: “top secrecy was exposed as a pretext for fraud”[101]. Se ocultó la implementación del P.I. y los altos niveles de Pu enterrados mediante arado, al tiempo que consensuaron una “historia oficial”, basada en una descontaminación modélica, mantenida en democracia hasta el nuevo milenio. Los primeros análisis en España y en los EE.UU. con altos positivos fueron rechazados, aprobando solo los que mostraron niveles bajos o inferiores a la AMD. Los análisis de aire que sobrepasaron los máximos permisibles fueron ocultados estadísticamente mediante las medias, compensadas con los días en calma sin aerosoles. Como en la mayoría de las naciones, el control dosimétrico no lo realizan los organismos de salud pública o laboratorios independientes, con posibles conflictos de intereses.

La cohorte de estudio no dio su consentimiento ni fue informada verazmente, precepto básico y angular de las garantías bioéticas, desde el Código Nüremberg (1947) hasta el Informe Belmont (1978), basado en el respeto a las personas, por ello la confidencialidad mantenida hasta el presente. Tampoco se conoce adopción de medida terapéutica relacionada en aquellos vecinos que mostraron mayores niveles de plutonio. Podemos colegir que con una limpieza completa y eficaz no hubiese existido el P.I. y los inherentes riesgos a la población.

Tanto la financiación estadounidense como el entusiasmo sobre el P.I. en ambos países, sufrió varias interrupciones y altibajos. La falta de sensibilidad del CCE hizo que el interés de experimentación humana decreciera hacia

100. J. Talbot, general de brigada, discurso apertura en: Plutonium Deposition Registry Board.Wright Patterson AFB Nov 26, 1966, p. 5. DoE, Washington, EE.UU.
101. Howard, *The american nuclear cover-up*, 14.

otras disciplinas, como la radioecología. Con la denuncia en 1993 de las decenas de miles de personas utilizadas como cobayas en los EE.UU, cambia la actitud hacia el P.I., renovándose mediante un nuevo contrato. Desde la CEA expresaron lo que antes callaban: "The Spanish government generally has kept a low profile on potential risk of ingestion/inhalation of actinides"[102].

Por otra parte, desde 1967 unos 120-150 vecinos han sido analizados anualmente, lo que ha permitido una supervisión médica continua, pero solo de las personas que han accedido a las revisiones.

Agradecimientos

Este artículo ha sido posible por la aportación desinteresada de cientos de documentos de los archivos DoE, hoy no accesibles, por parte del edafólogo de la UAL, Sebastián Sánchez. ▮

Bibliografía

Advisory Committee Human Radiation Experiments. "Oral Histories of Radiologist Hymer L. Friedell" (1995), consulta Nov. 9, 2020, https://ehss.energy.gov/ohre/roadmap/histories/0466/0466a.html

Álvarez Ramis, Concepción and Gregorides de los Santos, A. "Contamination of terrestrial gasteropda in a biotope with low level alfa contamination due to plutonium and uranium". Actes du Symposiun International de Radioecologie. Cadarache, Francia; (1969): 961-982.

Antón Mateos, M.ª Paz. "Dinámica sedimentaria de radionucleidos de vida larga en el litoral Mediterráneo occidental", Phd. Diss, Universidad Complutense de Madrid, 2013.

Air Force Surgeon General's Office. "Palomares Nuclear Weapons Accident. Revised Dose Evaluation Report" (Apr, 2001), consulta Nov 16, 2020, https://www.documentcloud.org/documents/2797013-xxplutonium-2001-USAF-Revised-Dose-Evaluation.html

Aznar Sánchez, J. A. and Sánchez Picón, A. "Inmigración en tierra de emigración: el caso de Almería". *Economistas*18, n.º 86 (2000): 97-115.

Bair, W.J. and Thompson, R.C. "Plutonium: biomedical research. More is known about the toxicology of plutonium than about most other hazardous elements". *Science* 183, n.º 4126 (1974): 715-722. https://doi.org/10.1126/science.183.4126.715

102. Carta Elaine Gallin a Paul Seligman, Jul 20, 1995. DoE. Washington, EE.UU.

Bayea, Yan and Von Hippel, Frank. “History of dose, risk, and compensation assessments for US veterans of the 1966 plutonium cleanup in Palomares, Spain”. *Health Physics* 117, n.º 6 (Jul, 2019): 625-636. https://dx.doi.org/10.1097%2FHP.0000000000001103

Chanin, D.I. and Murfin, W.B. “Site Restoration Estimation of Attributable Cost from Plutonium Dispersal Accident”, Sandia Co. (1996). https://doi.org/10.2172/249283

Capel Molina, José. “Génesis de las inundaciones de octubre de 1973 en el sureste de la Península Ibérica”. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada,* n.º 2 (1974): 149-166.

Defense Atomic Support Agency [DASA], “Proceeding of the Second Interdisciplinary Conference on select effects of a general war”, vol. II (1969): 244.

De la Torre, Joseba. “Who was who in the making spanish nuclear programme c.1950-1985”, in *The Economic History of Nuclear Energy in Spain*, edited by M.ª del Mar Rubio-Varas. and Joseba De la Torre, 33-65. London: Palgrave Macmillan, Cham, 2017.

Espinosa, Asunción; Aragón, Antonio and De la Cruz, B. *Estimación del Contenido de Americio existente en el año 1987 en una zona de Palomares contaminada en 1966 por material de plutonio grado bomba*. Madrid: CIEMAT, 2001.

Florensa, Clara. “James Bond, Pepsi-Cola y el accidente nuclear de Palomares (1966)”, in: *De la Guerra Fría al calentamiento global. Estados Unidos, España y el nuevo orden científico mundial*, edited by Lino Camprubí,; Xavier Roqué, and Francisco Sáez de Adana, 17-38. Madrid: Catarata, 2018.

Gutiérrez, José *et al.* “Spanish experience in intervention at an accidentally contaminated site”. Proceedings of the Conference: On remediation and Restoration of Radioactive Contaminated Sites in Europe.Antwerp, Belgium (1993).

Herrera Plaza, José. *Accidente nuclear de Palomares. Consecuencias (1966-2016)* Mojácar: Arráez Editores, 2015.

Howard, John. *The american nuclear cover-up in Spain*. London: The British Library, 2017.

Iranzo, Emilio and Ramos, Eduardo. “Determinación del riesgo a que ha estado sometida la población como consecuencia de un accidente nuclear generador de un aerosol radiactivo”. Environmental contamination by radioactive materials; OIEA (Mar, 1969).

Iranzo, Emilio and Salvador, Sinesio. “Inhalation risks to people living near a contaminated área”. II International Congress of International Radiation Protection Association. Brighton, England (May, 1970).

Iranzo, Emilio; Salvador, Sinesio and Iranzo, Emma. “Air concentrations of Pu239 and Pu240 and potential radiation doses to persons living near Pu-contaminated areas in Palomares, Spain”. *Health Physics* 52, n.º 4 (1986):453-461. https://doi.org/10.1097/00004032-198704000-00006

Iranzo, Emilio and Richmond, Chester. “Plutonium contamination twenty years after the nuclear accident in Spain”. 8Th International Congres of Radiation Research. Edimburgh (Jul, 1987).

Jacobs, Robert. “The radiation that makes people invisible: A Global Hibakusha Perspective”. *The Asian-Pacific Journal* 12, n.º 1 (2014). https://apjjf.org/2014/12/31/Robert-Jacobs/4157/article.html]

Kelly, T.E. "Evaluation of monitoring of radioactive solid-Waste burial sites at Los Álamos, New México" (1975), consulta Nov. 11, https://pubs.usgs.gov/of/1975/0406/report.pdf.

Kushinskaya, Olga. "Twice invisible: Formal representations of radiation danger", *Social Studies of Science* 43, n.º 1 (Dec, 2012): 78-96 https://doi.org/10.1177%2F0306312712465356

Langham, Wright. "Physiology and Toxicology of Plutonium-239 and its industrial medical control". *Health Physics* 2. (1959): 172-185.

Langham, Wright *et al*. "The Alamos Scientific Laboratory's. Experience with plutonium in man". *Health Physics* 8 (1962): 753-760.

Langham, Wright. "Physiological properties of plutonium and assessment of body burden in man". International Atomic Energy Agency (Nov 1964). https://doi.org/10.2172/4074400.

Langham, Wrigth *et al.* "Distribution and excretion of plutonium administered intravenously to man", Sept, 1950. LANL, informe LA-1151, consulta Nov 16, 2020. http://lib-www.lanl.gov/cgi-bin/getfile?00329054.pdf

Martínez, José; Espinosa, Asunción and Aragón, Antonio. "Determinación de la variación en la concentración de partículas en aire a causa de labores que implican movilización de suelo contaminado". Sociedad Nuclear Española; 25.ª Reunión anual (Nov, 1999).

Mateo Alcaraz, Dolores. "Secreto de estado, medio ambiente y salud. El caso 'Palomares' ". *Ius et Scientia* 3, n.º 1 (2017): 172-182. http://dx.doi.org/10.12795/IETSCIENTIA.2017.i01.16

Moreno Izquierdo, Rafael. *La historia secreta de las bombas de Palomares.* Barcelona: Crítica, 2015.

Moss, William and Eckhardt, Roger. "The Human Plutonium Injection Experiments". *Los Alamos Science*, n.º 23 (1995): 177-203.

Nevada National Security Site. "Plutonium dispersal test at the Nevada Test Site" (2013), consulta Nov. 12, 2020. https://www.nnss.gov/docs/fact_sheets/DOENV_1046.pdf.

Newell Stannard J. and Baalman, Jr. *Radioactivity and health. A history*. Washington: Pacific Northwest Laboratory, 1988. https://doi.org/10.2172/6608787

Phillipps, Dave. "Decades later, sickness among airmen after a hydrogen bomb accident". *The New York Times,* Jun. 24, 2016.

Place, W,F.; Cobb, F.C. and Defferding, C.G. "Palomares Summary Report", 1975, Defense Nuclear Agency, Department of Energy, Washington, EE.UU.

Proctor, R. N. "Agnotology: A Missing Term to Describe the Cultural Production of Ignorance (and Its Study)" in *Agnotology. The making and unmaking of ignorance*, edited by R. N. Proctor and L. L Schiebinger, 8-40. Stanford: Stanford University Press, 2008.

Ramos, Eduardo and Iranzo, Emilio. "Experience of an accidental contamination by radioactive materials in Palomares, 1966". II.º Simposio sobre los Riesgos de las Radiaciones Nucleares. Mónaco (Nov 10-15, 1966).

Romero de Pablos, A. and Sánchez Ron, J. M. *Energía nuclear en España. De la JEN al CIEMAT*, Madrid: CIEMAT, 2001.

Romero González, Lourdes. "Estudio del transporte tierra-mar de elementos transuránidos. Aplicación al accidente de Palomares (Almería) de 1966", Phd. Diss, Universidad Complutense de Madrid, 1991.

Sáez Vergara, J.C. "Caracterización radiológica del área afectada por el accidente de Palomares: Evolución histórica y situación actual". Phd. Diss, Universidad Complutense de Madrid, 2015.

Sancho, Carlos. "From the accident to the rehabilitation plan". International Simposio internacional en descontaminación. Fukushima (Oct 17, 2011), consulta Nov 21, 2020, https://www.oecd-nea.org/news/2011/NEWS-07-presentations/7 Session 2-3 Carlos Sancho.pdf

Sancho, Carlos; Lanzas, Rosario and Correa, Enrique. *Palomares: desde el accidente al Plan de Restauración.* Madrid: CSN, 2013.

Stiles, David. "A Fusion bomb over Andalucía: U.S. information policy and the 1966 Palomares incident". *Journal of Cold War Studies* 8, n.º 1 (2006): 49-67.

Velarde Pinacho, Guillermo. *Proyecto Islero. Cuando España pudo desarrollar armas nucleares.* Córdoba: Guadalmazán, 2016.

Viñas, Ángel. Prólogo. In: Herrera Plaza, José. *Accidente nuclear de Palomares. Consecuencias (1966-2016)*, 11-14. Mojácar: Arráez Editores, 2015.

Voelz, George; Petersen, Donald and Daugherty, Debra. "Tracer studies at Los Alamos and the birth of nuclear medicine". *Los Alamos Science* 23 (1995):256-273.

"W. H. Langham receives DoD medal". *The Atom* 4, n.º 8, Aug, 1967. https://library.lanl.gov/cgi-bin/getfile?atom1967.htm.

Walker, J. S. *Permissible dose: a history of radiation protection in the twentieth century.* Berkeley: University of California Press, 2000.

Wellsome Eileen, *Cobayas atómicos.* Barcelona: Luciérnaga, 2019. ∎